جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و هشتم، زمستان ۱۳۹۷

صص ۱۸۲- ۱۶۵

DOI: https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.58731

الگوسازی روابط مکانی فراوانی رخداد ماهانه بارش‌های شدید (فصول سرد) ناحیه خزری

حسین عساکره - استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

لیلا حسینجانی[1]- دانشجوی دکترای تغییرات اقلیم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/٤/٦ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/١٤

چکیده

از مهم‌ترین اهداف آمار فضایی، بررسی روابط مکانی داده‌های محیطی (بارش شدید) برای تحلیل الگوها و وابستگی‌های فضایی است. در این راستا تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی روش‌هایی را برای تمایز بین الگوهای تصادفی و غیر تصادفی فراهم می‌آورد. در این پژوهش با کاربرد آماره فضایی به تبیین الگوهای مکانی بارش‌های شدید که با پیامدهای محیطی – انسانی همراه است، پرداخته شد. در این راستا مجموع فراوانی ماهانه بارش‌های شدید فصول سرد ناحیه خزری در دو گروه آستانه صدک ۹۵-۹۰ و ۹۹-۹۵، از ۳۸۵ ایستگاه اقلیمی طی ۲۰۱٦- ۱۹٦٦ با کاربرد آماره موران و **آماره**Gi* به‌منظور تحلیل خودهمبستگی فضایی استفاده شد. یافته‌های آماره موران کلی نشان داد که رفتار حاکم بر بارش شدید دارای ساختار فضایی و به شکل خوشه‌ای است. بررسی‌های ماهانه فصول نشان داد که به لحاظ فراوانی وقوع بارش‌های حاصل از این دو گروه بارشی، فراوانی رخداد بارش‌های صدک آستانه ۹۵-۹۰ بیشتر از آستانه صدک ۹۹-۹۵ می‌باشد. براساس نقشه‌های موران محلی نواحی با خودهمبستگی‌های مثبت در هر دو گروه بارشی بیشتر در نواحی غربی، مرکزی و الگوهای حاصل از خودهمبستگی منفی در بخش شرقی قرار دارد. در بررسی روابط مکانی، آماره دو متغیره موران بین بارش شدید و عوامل جغرافیایی نشان داد که تأثیر عوامل جغرافیایی در فراوانی رخداد فرین‌ها ضعیف‌تر از عملکرد و نفوذ سامانه‌های همدید است. درنهایت، در این ناحیه که این بارش‌ها یکی از مخاطرات طبیعی است، شناسایی این الگوها می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی و کاهش آسیب‌پذیری و افزایش سازگاری مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: خودهمبستگی فضایی، آماره موران و *Gi، تحلیل داده‌های محیطی، عوامل جغرافیایی، ناحیه خزری.

۱ نویسنده مسئول :۰۹۱۸۳٦٤۹۵۰۳ Email: leilahosseinjani@ gmail.com

۱- مقدمه

بارش به‌عنوان یکی از عناصر آب‌وهوایی به لحاظ شدت، مدت و فراوانی حاوی تغییرات مکـانی و زمـانی زیـادی است. در این زمینه فرین‌های[1] بارش، جلوه‌ای خشن از این عنصـر آب‌وهـوایی اسـت. هیئـت بین‌الـدول تغییـر اقلـیم (IPCC,2007)[2]،رویدادهای نادر بارشی در یک مکان خاص را که می‌تواند پیامدهای محیطی – انسـانی قابـل تـوجهی داشته باشد فرین اقلیمی بشمار می‌آورد که با ایجاد ناهنجاری‌هایی نظیر سـیل و خشکسـالی مـی‌توانـد ابعـاد مختلـف محیط برای مثال، مخاطرات طبیعی (زمین‌لغزش، سیلاب، حرکات دامنه‌ای و فرسـایش خـاک و انسـانی (آسـیب‌هـای کالبدی بر زیرساخت‌ها، تأثیر بر فعالیت‌هـای انسـانی) را تحـت تـأثیر قـرار دهـد. هیئـت بـین‌الـدول تغییـر اقلـیم در گزارش‌های خود (۲۰۰۷) احتمال تغییر در متوسط بارش‌های شدید به‌ویژه در عرض‌های متوسـط و بالـا را پیش‌بینـی نموده است و براین باور است که تا اواخر قرن ۲۱ شدت و فراوانی رخداد بارش‌های شـدید در عـرض‌هـای میانـه و مناطق مرطوب افزایش خواهد یافت. شناخت الگوی حاکم بر فراوانـی وقـوع و پـراکنش زمـانی– مکـانی بارش‌هـای فرین بالا، پیش‌بینی و مقابله با خطرات احتمالی آن را ساده‌تر سـاخته، زیان‌هـا را کـاهش و آسـیب‌پـذیری و شـناخت ظرفیت‌های موجود برای کاهش اثرات، محافظت یا جایگزینی برای سازگاری بیشتر را آسـان‌تر می‌سـازد. بـدین دلیـل بخش قابل توجهی از توسعه پایدار در یک کشور منوط به شناخت رفتـار فـرین‌هـا (بسـامد، شـدت و مـدت)، درک الگوهای زمانی و مکانی و پیامدهای آن بـر محـیط و درنهایـت مـدیریت و برنامـه‌ریـزی بـر مبنـای واکـاوی مکـانی (فضایی)[3] و بررسی روابط مکانی می‌باشد. در یک تعریف ساده واکاوی مکانی «به کاربرد روش‌های کمّـی در مطالعـه دقیق و عمیق الگوهای نقطه‌ای، خطی و پهنه‌ای بر روی نقشه گفته می‌شـود» (علیجـانی،۱۳۹٤). در مطالعـات جهـانی و ایران رفتار بارش شدید و عوامل ایجاد و تغییرات آن‌ها عمدتاً با تأکید بر رویکـرد همدیـدی و بررسـی روابـط مکـانی مؤثر بر این رویکردها مورد توجه بوده است. در بررسی روابط مکانی و تغییرات فضـایی مـؤثر بـر داده‌هـای محیطـی، بـه‌عنوان رویکـردی نـو در ارتبـاط بـا متغیرهـای محیطـی مطالعـات (Vang et al,2005)، (Mc Cabe 2005,)، (Sugumaran,2009)،(Fu et al,2014) ، (Chung,2007) تغییرات فضایی روند بارش‌های تابستانه (شـدت و مقـدار) کره جنوبی با کاربرد شاخص موران (jai et al,2011) با روش‌های آمار فضایی به ریزمقیـاس نمـایی الگـوریتم بـارش شبکه‌ای در حوضهٔ کادمیوم چین برای واکـاوی الگـوی نمایـهٔ NDVI، (Allard and Soubeyrand,2012) بـا کـاربرد آمارفضایی، مناطق حساس به تغییرات آب و هوایی در منطقـه کـولمر واقـع در شـمال شـرق فرانسـه، (Robeson et al,2014) با استفاده از تابع K ریپلی به واکاوی بهترین الگوی ایـن تـابع بـرای ایسـتگاه‌هـای مهـم هواشناسـی جهـان، (Hartman,2008) و(Agena,2014) به مطالعه و بررسی بر اساس آمار فضایی پرداخته‌اند. (روستا و همکـاران،۲۰۱۷) بـا

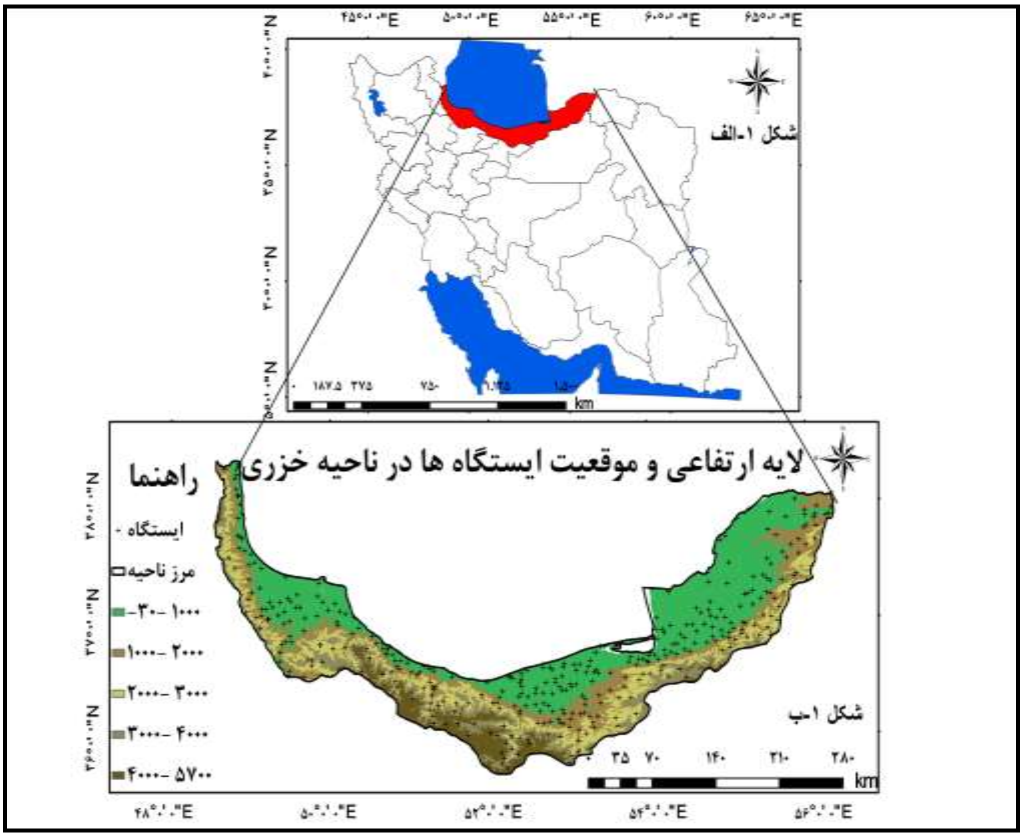
1 Extreme
2 Intergovernmental Panel on Climate Change
3 Spatial analysis

روش‌های تحلیل فضایی تغییرات بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران، و در تحقیقی دیگر (همان،۲۰۱۷) تغییرات زمانی و مکانی بارش شدید شمال‌غرب را با روش‌های تحلیل فضایی بررسی کردند. بارش‌های شدید بالا در ایران و به‌ویژه در ناحیه خزری بیشتر با تأکید بر سازوکارهای همدیدی- دینامیکی با ساز و کارهای پرشمار و با تأکید بر گسترش واچرخندها، به‌عنوان الگوهای غالب جوی توأم با بارش‌های شدید همانند واچرخند سیبری (نظری‌پور ،۱۳۸٦) و برخی عمدتاً واچرخندهای مهاجر (خوشحال دستجردی، ۱۳۷٦)، (مرادی،۱۳۸۳)، (مفیدی و همکاران، ۱۳۸٦)، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در پژوهش‌هایی که روابط مکانی مورد توجه بوده است، می‌توان به واکاوی مکانی پراکنش رطوبت در ایران با استفاده از شاخص موران عمومی و محلی و نیز نقاط داغ (فلاح قالهری و همکاران،۱۳۹٤)، تغییرات الگوهای خوشه‌ای فضایی بارش‌های سنگین استان گیلان (ستوده و علیجانی،۱۳۹٤)، بررسی الگوهای توزیع فضایی دما، بارش و رطوبت نواحی مرکزی ایران با استفاده از تحلیل اکتشافی و خودهمبستگی فضایی (نظری پور و همکاران،۱۳۹٤)، در بررسی تغییرات زمانی- مکانی بارش دوره سرد سال در ایران برای دوره ۱۹۵۰-۲۰۰۹ با استفاده از تحلیل اکتشافی زمین آمار برای داده‌های بارش با کاربرد مقادیر موران عمومی و آزمون تاو کندال (صداقت و همکاران،۱۳۹٤)، (میرموسوی و همکاران،۱۳۹۵) به تحلیل تغییرات درون دهه‌ای بارش‌های سنگین و فوق‌سنگین ایران با رویکرد خودهمبستگی فضایی این تغییرات با روش‌های زمین‌آمار و درنهایت (مظفری و همکاران،۱۳۹٦) روابط فضایی بارش‌های شدید غرب ایران را با استفاده از شگردهای واکاوی مکانی بررسی کردند. با توجه به اهمیت بارش‌های شدید بالای توأم با مخاطره در ناحیه خزری، موقعیت جغرافیایی ناحیه خزری و قرارگیری دریای خزر در بخش شمالی آن و رشته‌کوه‌های البرز در بخش جنوبی و کنار هم قرار گرفتن واحدهای جغرافیای مختلف (دریا، جلگه و کوهستان) و نیز برهمکنش آنها با یکدیگر شرایط و بستر مناسبی را برای شکل‌گیری بارش‌های شدید فراهم کرده است. به‌طوری‌که پژوهشگران معتقدند که بارش شدید جزئی از ویژگی‌های ذاتی منطقه خزری می‌باشد(مفیدی، ۱۳۸۷). بدین دلیل شناخت ویژگی‌های جغرافیایی این نوع بارش‌ها در ناحیه خزری در فصل‌های مختلف و واکاوی الگوی مکانی حاکم بر فراوانی بارش‌های شدید اهمیت دارد. در مطالعه حاضر الگوهای جغرافیایی حاکم براین بارش‌ها در فصل‌های پائیز و زمستان، با استفاده از روش‌های آمار فضایی برآورد می‌شود.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در شکل (۱- الف و ب) موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر نشان داده شده است. سواحل جنوبی خزر شامل سه استان گیلان، گلستان و مازندران با مساحتی بالغ بر ۵۸۱٦۷ کیلومتر مربع با مختصات ۳۵ درجه و ٤۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ٤۸ درجه و ۳٤ دقیقه تا ٥٦ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده (۲۰۱٦-۱۹٦٦) در پژوهش حاضر

۲-۲- استخراج داده

به‌منظور بررسی و مقایسه فراوانی رخداد بارش‌های شدید دو گروه آستانه صدک ۹۵-۹۰ و ۹۹-۹۵ از آمار بارش‌های روزانهٔ ایستگاه‌های همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور و باران‌سنجی وزارت نیرو در ناحیه خزری برای بازه ۲۰۱٦-۱۹٦٦(۵۱ سال) استفاده گردید (شکل ۱-ب). در گام نخست به دلیل یکسان نبودن طول دورهٔ آماری ایستگاه‌ها وعدم پراکندگی یکنواخت آن‌ها، و به‌منظور تبدیل داده‌های نقطه‌ای به مقادیر پهنه‌ای، از روش میانیابی کریجینگ استفاده گردید (عساکره،۱۳۸۷). برای انجام فرایند میانیابی از ۳۸۵ ایستگاه که طول دورهٔ آماری طولانی داشته و همگنی آن‌ها به‌وسیلهٔ آزمون (Alexandersson,1986) ارزیابی و تأیید شد، استفاده گردید. بدین ترتیب طول زمان و توزیع مکانی مشاهدات یکنواخت شد و ایستگاه‌ها از پراکنش مکانی مناسب برخوردار شدند(شکل،۱-ب). حاصل فرایند میانیابی داده‌های بارش روزانه، پوشش ماتریسی با ابعاد ۱۸٦۲۸ × ٦٤۷۹ (سطرها یاخته و ستون‌ها روزهای بارش) با یاخته‌هایی با تفکیک مکانی ۳ × ۳ کیلومتر را شکل داد. برای بررسی بارش‌های شدید در آب‌وهواشناسی تعاریف و نمایه‌های متعدد مطلق و نسبی (به‌صورت نمایهٔ مساحت منحنی هم بارش

خاص، نمایه آستانه درصدی، نمایه پایه صدک و...) ارائه شده است. از نمایه پایه صدک بـرای تعیـین تعـداد روزهـای دارای بارش شدید، خیلی شدید و فرین، براساس آستانه صدک خاص در این پژوهش استفاده گردیـد. بـراین اسـاس در پژوهش حاضر دو گروه آستانه بارشی صدک ۹۵–۹۰ و ۹۹–۹۵ به‌عنوان نمایه بارش‌های شدید اختیـار شـد. بـدین ترتیب این دو گروه آستانه صدک برای هر یاخته و در هر روز سال در پهنه مورد بررسـی بـا برنامه‌نویسـی در محـیط نرم‌افزار Matlab محاسبه شد. در گام بعدی به‌منظور به دست آوردن توصیف مکـانی از شـمار فراوانـی بـارش شـدید ناحیه خزری، مجموع فراوانی وقوع ماهانه بارش‌های شدید هرمـاه بـرای هـر یاختـه در دو گـروه محاسـبه گردیـد و نقشه‌های مجموع ماهانه فراوانی وقوع بارش شدید برای هرماه در هر گـروه ترسـیم شـد. نقشـه‌هـای خودهمبسـتگی براساس نمایهٔ موران کلی، موران محلی انسلین و مساحت تحت تأثیر بر اساس نمایه *Gi مورد واکـاوی قـرار گرفـت. شناسایی این روابط می‌تواند تأثیر عوامل مکانی بر رفتار پدیده‌ها و سامانه‌های جـوی را مـورد توجـه قراردهـد. آمـاره موران کلی ابزاری برای واکاوی پراکنش و خود همبستگی فضایی براساس مکان و مقدار خصیصه مورد نظر در مکـان است. نتایج حاصل از این واکاوی نشان می‌دهد رویدادها به‌صورت الگوی خوشه‌ای[۱]، تصادفی[۲] یا پراکنـده[۳] در مکـان توزیع شده‌اند (رابطه ۱) و با استفاده از نمره اسـتاندارد Z و P-value امکـان ارزیـابی و معنـی‌دار بـودن نمایـه را مهیـا می‌سازد(عسگری، ۱۳۹۰):

رابطه (۱)
$$I = \frac{n \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} w_{ij} z_i z_j}{s_o \sum_{i=1}^{n} z_i^2}$$

که در آن z_i تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن $(x_i - \overline{x})$ مـی‌باشـد w_{ij} وزن فضـایی بـین عارضه i و j است، n تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده و S_o جمع کـل وزن‌هـای فضـایی - (رابطه ۲) می‌باشد.

رابطه (۲)
$$S_O = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_{i,j}$$

برای برآورد معنی‌داری این آماره نمره z استاندارد شده از روابط (۳) محاسبه می‌گردد (همان،۱۳۹۰).

روابط (۳)
$$Z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \qquad E[I] = {}^{-1}/_{n_1} \qquad V[I] = E[I^2] - E[I]^2$$

در روابط (۳) $V[I]$ پراش داده‌ها می‌باشد. نمایه مورن کلی الگوی عمومی رویـدادها را بررسـی مـی‌کنـد و هـیچ مشخصه‌ای از موقعیت مکانی آنها ارائه نمی‌دهد. بنابراین، برای شناخت الگـوی توزیـع مکـانی و تغییـرات موقعیـت و

1 Clustered
2 Random
3 Dispersed

رویداد از نمایه موران محلی روابط (٤) استفاده می‌شود. این آماره محل رخداد مقادیر زیاد و یا کم رویدادهای موزون در فضا نسبت به توزیع خوشه‌ای و نیز نسبت به مقادیر متفاوت از پیرامون را نشان می‌دهد (Anselin,1995) .

روابط(٤)
$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{j=1, j\neq i}^{n} w_{i,j}(x_i - \bar{x}) \qquad s_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j\neq i}^{n} w_{i,j}}{n-1} - \bar{x}^2$$

در روابط ٤ x_i خصیصه عارضه i و $\bar{x}$ میانگین خصیصه مربوطه و $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد و n تعداد کل عارضه‌ها است. برای شناسایی این الگوهای فضایی از آماره موران محلی و برای شناسایی بزرگی مقادیر الگوهای فضایی آمارهٔ جی– استار(Gi*) که توسط (Ord & Getis,1995) ارائه شده، استفاده گردید و درنهایت به‌وسیله این نمایه درصد مساحت‌های تحت تأثیر خودهمبستگی‌ها برآورد گردید. امتیاز Z محاسبه شده نشان‌دهندهٔ محل رخداد مقادیر زیاد و یا کم خوشه‌بندی داده‌هاست. امتیازZ برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی عارضه و همسایه آن به‌طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه شود، آماره Gi* از روابط (٥) محاسبه می‌گردد:

روابط (٥)
$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}x_j - \bar{x}\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}}{S\sqrt{\frac{\left[n\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^{n} w_{i,j}\right)^2\right]}{n-1}}} \qquad \bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j}{n} \qquad S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} x_j^2}{n} - (\bar{x})^2}$$

در این رابطه x_j مقدار خصیصه برای عارضه j، $w_{i,j}$ وزن مکانی بین عارضه i و j است. n برابر با تعداد کل عارضه‌هاست. در ادامه روابط بین عوامل مکانی (طول و عرض‌جغرافیایی، ارتفاع، شیب و جهت جغرافیایی شیب) با مجموع ماهانه فراوانی بارش فرین برای هر ماه، با استفاده از ابزار تحلیل فضایی ARCGIS با DEM با تفکیک مکانی ٥٠ متر ناحیه خزری و استخراج ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی نقاط پیمونگاهی از مدل ارتفاعی رقومی و درنهایت با کاربرد آماره چند متغیره موران عمومی[1] (روابط ٦) که این آماره وابستگی فضایی دو متغیر x_l و x_k، که در این پژوهش فراوانی ماهانه بارش شدید و عوامل مکانی می‌باشد، محاسبه گردید:

روابط (٦)
$$I_{kl} = \frac{z_k\, W_{zl}}{n} \qquad z_k = \frac{[x_k - \overline{x_k}]}{\sigma_k} \quad , \quad z_l = \frac{[x_l - \overline{x_{kl}}]}{\sigma_l}$$

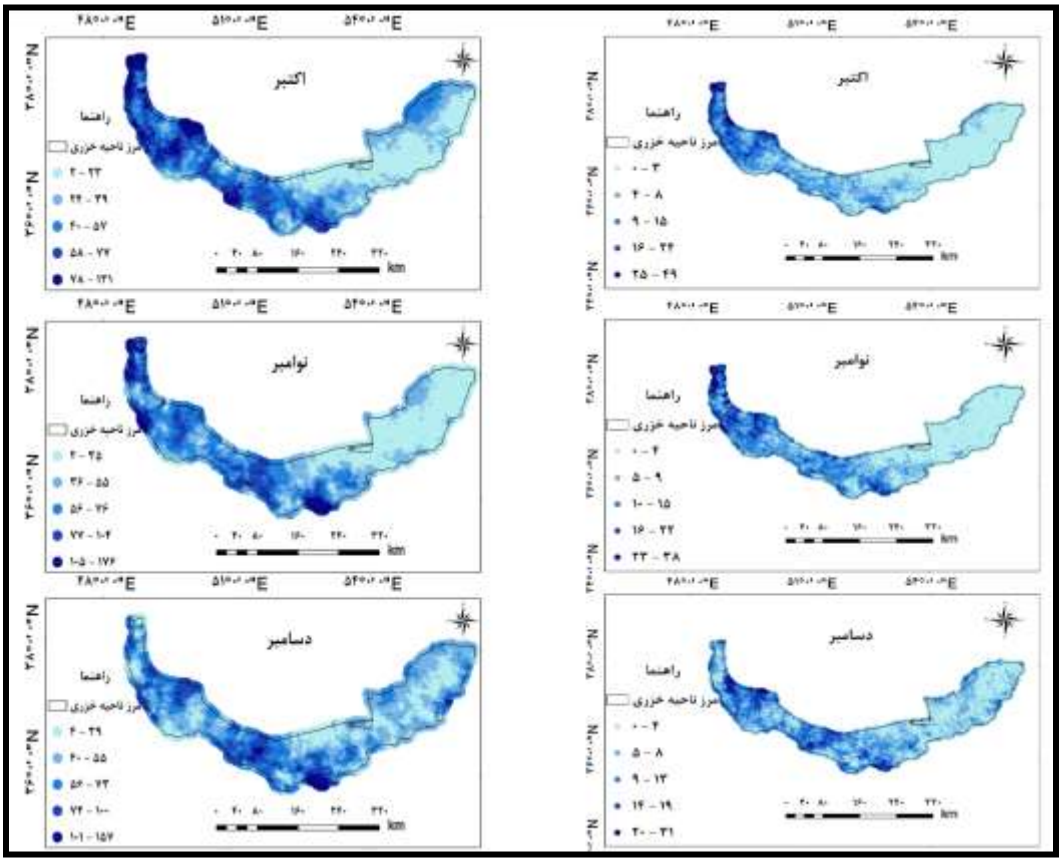
در این رابطه n شمار مشاهدات، و x_l و x_k متغیرهای مورد بررسی و w ماتریس وزن فضایی می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- فراوانی بارش‌های فرین

شکل‌های ۲ و ۳ وارسی دقیق و مقایسه فراوانی رخداد بارش شدید ماهانه فصول سرد ناحیه خزری را برای هریک از آستانه‌ها به‌صورت متناظر نشان می‌دهد.

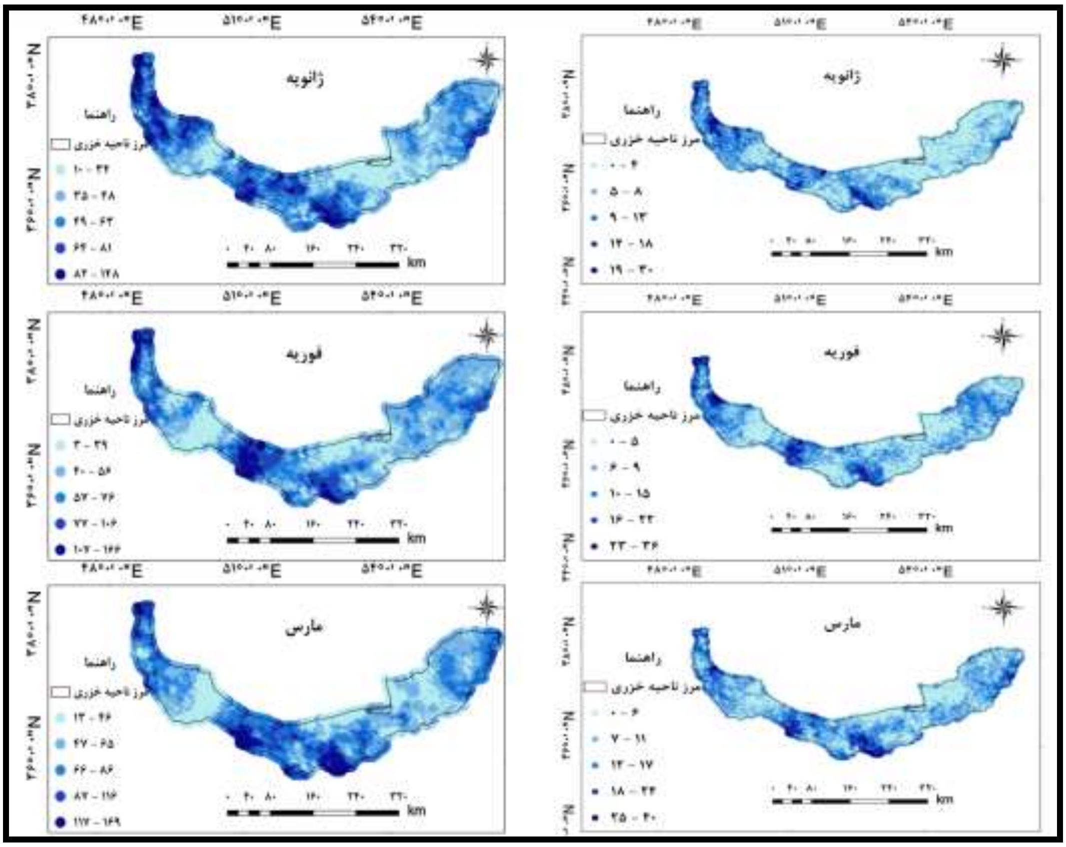
1 Bivariate spatial autocorrelation



شکل ۲- فراوانی رخداد بارش شدید ماهانه فصل پاییز ناحیه خزری (سمت راست آستانه صدک ۹۵-۹۰، سمت چپ آستانه صدک ۹۹-۹۵)

در فصل پاییز (شکل ۲) بیشینه رخداد بارش شدید در ماه اکتبر و نوامبر در بخش‌های غربی ناحیه خزری قرار دارد. گستره نفوذ بارش‌های شدید در آستانه صدک ۹۵-۹۰ علاوه بر بخش غربی ناحیه در بخش‌هایی از مرکز و شمال بخش شرقی ناحیه مشاهده می‌شود درصورتی‌که در گروه دوم صدک ۹۹-۹۵ این بارش‌ها بیشتر بر بخش‌های غربی ناحیه و تا حدودی در بخش‌های مرکزی مشاهده می‌گردد به‌طوری‌که در این دو ماه در بخش شرقی بیشینه رخداد این بارش‌ها مشاهده نمی‌شود. همچنین در ماه دسامبر گستره هسته بیشینه با تعداد فراوانی کمتر در کل بخش‌های ناحیه مشاهده می‌شود. بیشینه هسته‌های بارشی در گروه اول بیشتر در بخش‌های مرکزی ناحیه با رخداد فراوانی ۱۵۷-۱۲۷ بار و برای گروه دوم در مساحت‌های متفاوت در بخش‌های غربی و مرکزی با فراوانی رخداد ۳۱-۲۶ بار می‌باشد و کمترین رخداد این بارش‌ها برای هر دو گروه بیشتر در بخش‌های شرقی ناحیه خزری متمرکز است. به‌طورکلی رخداد فراوانی بارش شدید در ناحیه خزری آستانه صدک ۹۵-۹۰ بیشتر از آستانه صدک ۹۹-۹۵ می‌باشد. در تمامی ماه‌های فصل زمستان (شکل ۳)، هستهٔ بیشینه بارش‌های شدید در ناحیه خزری برای هر دو گروه

پراکنده است و هسته بیشینه بارش بیشتر در بخش‌های غربی و مرکزی و بـا تعـداد رخـداد فراوانـی کمتـر در بخـش شرقی قرار دارد. در این فصل نیز رخداد فراوانی بارش‌های شدید گـروه اول بیشـتر از گـروه دوم و گسـتره مسـاحت تحت تأثیر گروه اول بیشتر از گروه دوم بارش‌ها می‌باشد به‌طوری‌که در ماه ژانویه برای گـروه دوم دامنـه بـارش‌هـا در بخش شرقی (جنوب شرق استان گلستان) بسیار کم می‌باشد.



شکل ۳- فراوانی رخداد بارش شدید ماهانه فصل زمستان ناحیه خزری (سمت راست آستانه صدک ۹۵-۹۰، سمت چپ آستانه صدک ۹۹-۹۵)

می‌توان گفت در بارش‌های دو فصل (زمستان و پاییز) در ناحیه خزری نفوذ الگوهای همدید چرخند و واچرخنـد ورود پرفشار سیبری (یوسفی،۱۳۸۳) و نیز استقرار مراکز پرفشار مهاجر (مفیـدی و همکـاران،۱۳۸۶)، همچنـین موقعیـت ساحل جنوب دریای خزر و جهت خط ساحل نسبت به سامانه‌های ورودی و مسافت گـذر سـامانه‌ها از روی دریـای خزر (با توجه به گسترش نصف‌النهاری این دریا با طولی برابر با ۷۰۰ تـا ۱۰۰ کیلـومتر و نوسـان اختلـاف دمـایی آب دریا با سامانه‌های واچرخند ورودی (خوش‌اخلاق و همکاران،۱۳۹۵)، نقش کوهستان‌ها در صعود هـوا بـه‌ویژه در بخـش غربی این ناحیه و عامل همرفت محلی باعث رخداد بارش‌های شدید می‌گـردد. همچنـین تـوده آبـی دریـای خـزر و

سپس دریای سیاه، اصلی‌ترین منابع تأمین رطوبت برای بارش‌های کرانه‌های خزر ذکر گردیده است که عدم وجود دریای خزر می‌تواند در کاهش رخداد بارش شدید مؤثر باشد(حلبیان، ۱۳۹۵ و کارخانه و همکاران، ۱۳۹۵). درمجموع می‌توان گفت رخداد بارش شدید برای هردو گروه بارشی در بخش‌های غربی و مرکزی ناحیه خزری (استان‌های گیلان و مازندران) بسیار بیشتر از بخش‌های شرقی ناحیه (استان گلستان) است و بخش شرقی در رابطه با این بارش‌ها خشکی بیشتری را تجربه می‌کند.

۳-۲- ارزیابی عمومی روابط مکانی

نتایج آماره موران کلی به‌صورت گرافیکی و عددی بیان می‌گردد و ضریب خودهمبستگی بین ۱+ و ۱- را دارد. مقادیر نزدیک ۱- بر خودهمبستگی منفی و الگوی پراکنده داده‌ها و مقادیر نزدیک به ۱+ بر خودهمبستگی مثبت و الگوی خوشه‌ای داده‌ها و مقدار نزدیک به صفر بر الگوی تصادفی و غیر معنی‌دار دلالت دارد. بیش از اهمیت آماره موران آزمون معنی‌داری آن تحت فرض صفر (هیچ نوع خوشه‌بندی مکانی بین مقادیر خصیصه مرتبط با موقعیت جغرافیایی و فراوانی فرین‌ها وجود ندارد) حائز اهمیت است. زمانی که مقدار P-value بسیار کوچک و قدر مطلق مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ باشد (برای نمونه سطح اطمینان ۹۵ درصد، آمارهٔ Z در بازه ۱/۹۶ ± است، بنابراین اگر قدر مطلق نمره Z مشاهده شده بزرگ‌تر از نمره Z بحرانی باشد) آنگاه فرض صفر رد می‌شود و معنی‌داری روابط قابل استنباط است(عسگری،۱۳۹۰). جدول (۱) نشان می‌دهد که این آماره در آستانه صدک ۹۵-۹۰ برای تمامی ماه‌ها به جزء ژانویه حدود ۰/۹است، درحالی‌که در جدول (۲) این عدد حدوداً ۰/۸-۰/۷ به جزء ماه آگوست برای آستانه صدک ۹۹-۹۵ می‌باشد که حاکی از نزدیکی این عدد به ۱+ (خودهمبستگی کامل و مثبت) در هر دو گروه می‌باشد، ولی در گروه دوم با توجه به اعداد نمایه موران این خودهمبستگی ضعیف‌تر است.

جدول ۱- آماره موران کلی برای فراوانی بارش‌های شدید (فصول سرد) آستانه صدک ۹۵-۹۰ ناحیهٔ خزری در بازه ۲۰۱۶-۱۹۶٦

ماه	نمایهٔ موران	نمایهٔ موران مورد انتظار	پراش	آمارهٔ Z	آمارهٔ P
ژانویه	۰/۸۹۷	-۰/۰۰۰۱۵٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۰/۵۰	۰/۰۰۰
فوریه	۰/۹۲۵	-۰/۰۰۰۱۵٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۳/٦٦	۰/۰۰۰
مارس	۰/۹۲۱	-۰/۰۰۰۱۵٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۳/۲۱	۰/۰۰۰
اکتبر	۰/۹٤۰	-۰/۰۰۰۱۵٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۵/۳۵	۰/۰۰۰
نوامبر	۰/۹٤۵	-۰/۰۰۰۱۵٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۵/۸٦	۰/۰۰۰
دسامبر	۰/۹۱۱	-۰/۰۰۰۱۵٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۲/۰۵	۰/۰۰۰

همچنین برای آمارۀ Z محاسبه شده برای فصول سرد در گروه اول اعـدادی بـین ۱۰۰ تـا ۱۰۹ و بـرای گـروه دوم اعدادی بین ۱۰۰–۸٤ حاصل شده است. با توجه به مقدار بالای Z و نیز کم بودن مقادیر آمارۀ P، فـرض صـفر (فقـدان همبستگی مکانی) در هر دو گروه آستانه رد می‌شود. بدین ترتیب نمایۀ یاد شده در سطح اطمینان۹۹ درصـد بـه لحـاظ آماری برای هر دو گروه آستانه‌های بارشی معنی‌دار است. براین اساس فراوانی وقوع ایـن دو گـروه بارشـی از الگـوی خوشه‌ای پیروی می‌کند. این نتیجه بر پیوستگی مکانی مجمـوع فراوانـی وقـوع بـارش شـدید دلالـت دارد. بـا فـرض پراکنش طبیعی (تصادفی) مجموع فراوانی وقوع بارش شدید نمایه موران کلی مـورد انتظـار بـرای فصـول سـرد سـال مقداری برابر ۰/۰۰۰۱٥٤– می‌باشد.

جدول ۲- آماره موران کلی برای فراوانی بارش‌های شدید(فصول سرد) آستانه صدک ۹۹-۹٥ ناحیۀ خزری در بازه ۲۰۱٦–۱۹٦٦

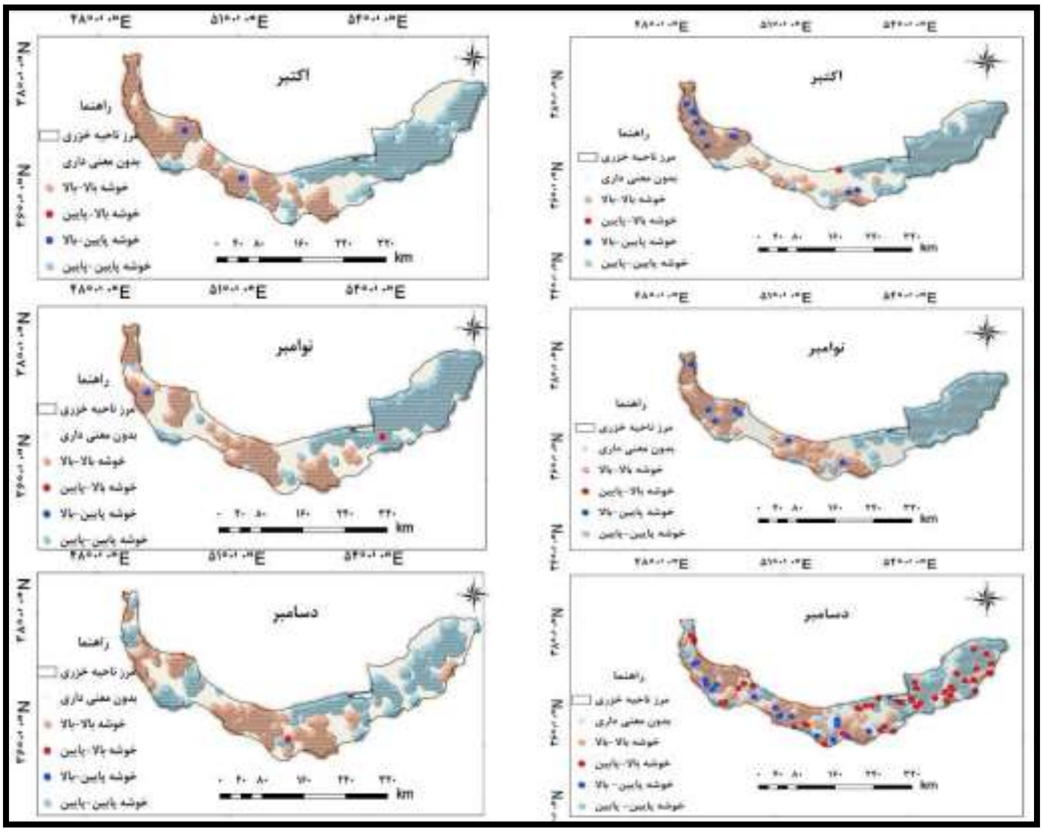
ماه	نمایۀ موران	نمایۀ موران مورد انتظار	پراش	آمارۀ Z	آمارۀ P
ژانویه	۰/۷۷٤	–۰/۰۰۰۱٥٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۸٦/۷۸	۰/۰۰۰
فوریه	۰/۷۹۲	–۰/۰۰۰۱٥٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۸۸/۷۹	۰/۰۰۰
مارس	۰/۷۹۳	–۰/۰۰۰۱٥٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۸۸/۸۲	۰/۰۰۰
اکتبر	۰/۸٤٦	–۰/۰۰۰۱٥٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۹٤/۸٦	۰/۰۰۰
نوامبر	۰/۸٥۹	–۰/۰۰۰۱٥٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۹٦/۲۰	۰/۰۰۰
دسامبر	۰/۷٥۸	–۰/۰۰۰۱٥٤	۰/۰۰۰۰۸۰	۸٤/۸۹	۰/۰۰۰

۳-۳- توزیع جغرافیایی روابط مکانی

اشکال ٤ و ٥ خودهمبستگی مکانی موران محلی را برای فراوانی بارش شدید ناحیه خـزری طـی مـاه‌هـای فصـل پاییز و زمستان برای هر دو گروه بارشی به‌صورت متناظر نشـان می‌دهـد. بـه عقیـده(Anselin,1995) مکـان دارای دو نوع تأثیر وابستگی و ناهمگونی فضایی است؛ بدین معنی که ارزش‌های نزدیک به هم شباهت بیشـتری دارنـد و منجـر به تجمع می‌شوند. دوم تأثیر فضایی از تفاوت‌های ناحیه‌ای متأثر می‌شود که خود حاصل یگانه بـودن ذاتـی هـر مکـان است. بنابراین، بر اساس آماره موران محلی اگر مقادیرI مثبت باشـد، نشـان مـی‌دهـد کـه عارضـه مـورد نظـر توسـط عوارض مشابه محاصره شده و بنابراین بخشی از آن خوشه است و اگر مقادیر I منفـی باشـد بـه معنـای آن اسـت کـه عارضه توسط عوارضی که اصلاً شباهتی به آن ندارند، محاصره شده است (ناخوشه). لایه خروجی ایجاد شـده بـا ایـن نمایه خوشه‌هایی با مقادیر زیاد (HH[1]) خودهمبستگی فضایی مثبـت، خوشـه بـا مقـادیر کـم (LL[2])، خودهمبسـتگی

1 High-High
2 Low-Low

فضایی منفی، غیرخوشه‌ای بودن که در آن یک مقدار زیاد با مقادیر کم محاصره شده‌اند (HL[1]) –و نقاط منفرد تـوأم بـا مقدار کم و محصور با مقادیر زیاد (LH[2]) را از یکدیگر جدا می‌کند. شکل (٤) توزیع مکـانی خودهمبسـتگی فضـایی حاصل از موران محلی را برای فصل پائیز نشان می‌دهد. در این فصل(شکل ٤)، الگوهای مسـاحت‌هـای تحـت تـأثیر خوشه‌های خودهمبستگی مثبت و منفی برای ماه اکتبر و نوامبر برای هـر دو گـروه تقریبـاً یکسـان و الگوهـای خـود-همبستگی مثبت بیشتر در بخش غربی و خودهمبستگی منفی در شرق ناحیه خزری مشـاهده مـی‌شـود، ولـی در مـاه دسامبر به‌صورت هسته‌های کوچک‌تر در بخش‌های مختلف ناحیه خزری دیده می‌شوند. مجـدداً الگوهـای خوشـه‌ای پایین–بالاو بالا–پایین بیشتر در گروه دوم در ماه‌های مختلف دیده می‌شود که بیشترین آن مربوط بـه مـاه دسـامبر مـی-باشد که خوشه‌های پایین–بالا در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی ناحیه و خوشه‌های بالـا–پـایین در شـرق و جنـوب-شرق ناحیه قرار دارند. از این خوشه‌ها به تعداد بسیار کم در گروه اول بارش برای این فصل مشاهده می‌گردد.



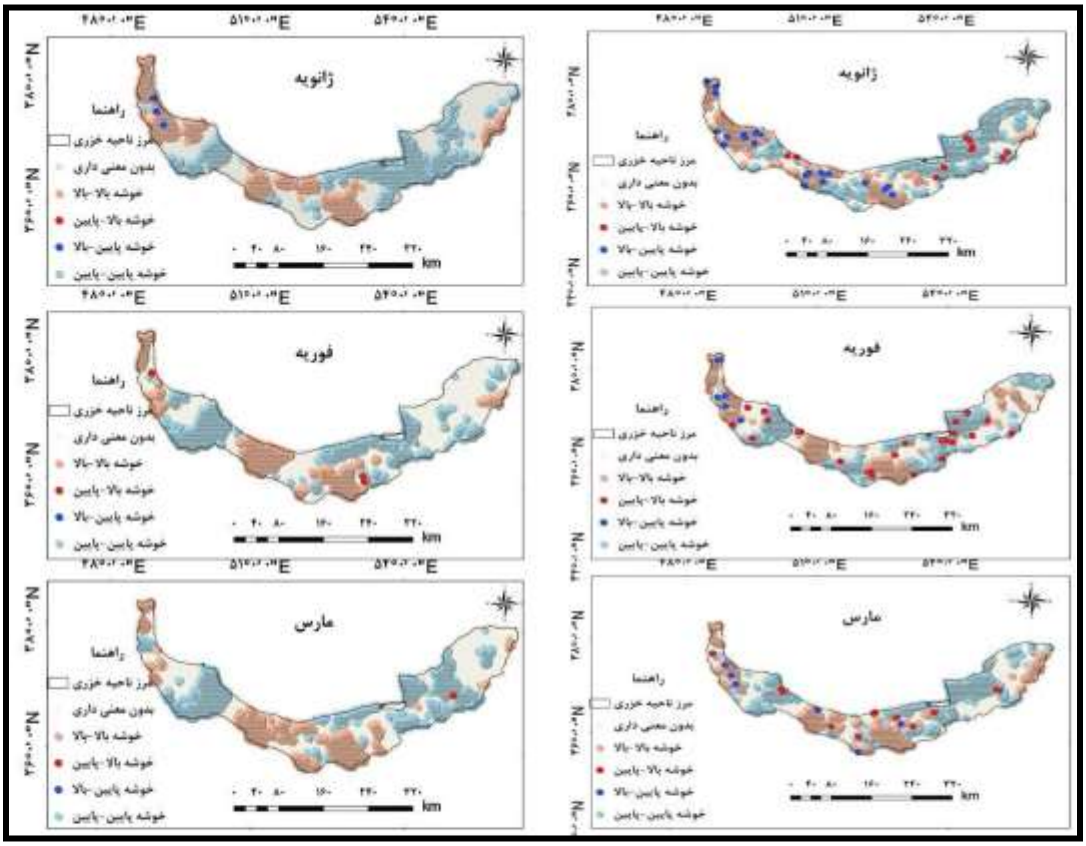
شکل ٤- خودهمبستگی مکانی موران محلی، بارش شدید فصل پاییز ناحیه خزری (سمت چپ نقشه آستانه صدک ۹۵-۹۰، سمت راست آستانه صدک ۹۹-۹۵)

---

1 High-Low
2 Low-High

همچنین بر طبق جـدول (۲) بـر اسـاس نمایـه*Gi طبـق روابـط (۵) بیشـترین مسـاحت تحـت تـأثیر الگوهـای خودهمبستگی منفی و مثبت مربوط به گروه اول بارشی می‌باشد و مساحت‌های تحت تـأثیر ایـن الگوهـا بـرای گـروه دوم خودهمبستگی مثبت قوی بسیار کمتر و همچنین تغییرات مساحتی ماه به ماه بسیار نامحسوس می‌باشـد. در کـل ماه‌های فصول سرد ناحیه خزری ناخوشه‌هایی که به لحاظ آماری معنـی‌دار نیسـتند، خوشـه‌هایی بـا خـود همبسـتگی مثبت و منفی را احاطه کرده‌اند. در فصل زمسـتان شـکل (۵) نـواحی بـا الگوهـای خودهمبسـتگی مثبـت (HH) در بخش‌های مرکزی و غرب ناحیه در هر دو گروه بارش بیشتر می‌باشد. در مـاه مـارس تمرکـز خـودهمبسـتگی مثبـت بیشتر در بخش مرکزی می‌باشد. عمدتاً پراکنش الگوهای خود همبستگی منفی (LL) کـه نشـان از پراکنـدگی الگـوی فراوانی فرین‌هاست در گروه اول بارشی در تمامی ماه‌ها بیشـتر از گـروه دوم مـی‌باشـد و در هـر دو گـروه بیشـتر بـر بخش‌های مرکزی و شرقی متمرکز است. نکته قابل توجه در این نقشه‌ها که در گروه دوم بارزتر است وجـود خوشـه-های پایین– بالا(LH) و بالا–پایین (HL) در ماه‌های فصـل زمسـتان اسـت کـه در گـروه بارشـی اول تعـداد آن بسـیار محدود، به‌طوری‌که خوشه پایین– بالا در ژانویه و خوشه بالا– پایین در فوریه در غـرب و در مـارس در شـرق ناحیـه قرار دارد ولی در گروه دوم بارشی تعداد این الگوها خصوصاً در ژانویه بیشتر می‌باشد و خوشه‌های پـایین– بالـا بیشـتر در خزر غربی و خوشه‌های بالا–پایین در بخش‌های مرکزی و شرق ناحیه خزری قرار دارد، در مـاه فوریـه و مـارس از تعداد خوشه‌های پایین– بالا در خزر غربی کاسته شده است. در کنار این الگوها مسـاحت‌هـایی از پهنـه مـورد مطالعـه خوشه‌هایی است که از الگوی خاصی پیروی نمی‌کنند و به لحاظ آماری معنـی‌دار نیسـتند. بـه‌طورکلی می‌تـوان گفـت بررسی الگوهای حاکم بر رفتار خوشه‌ای بارش‌های شدید نشان می‌دهد کـه محـل تمرکـز الگوهـای خودهمبسـتگی مثبت بیشتر بر نواحی غربی خزر و الگوهای خودهمبستگی منفی در بخش‌هـای شـرقی در فصـل زمسـتان قـرار دارد تغییرات مساحت تحت پوشش خودهمبستگی‌ها برای کل ماه‌ها برای هر دو گـروه آسـتانه بارشـی در جـدول (۳) در سه سطح اطمینان ۹۹،۹۵،۹۰ براساس نمایه*Gi نشان از تغییرات مکانی خودهمبستگی‌هـای الگوهـای خوشـه‌ای مـی-باشد. بر طبق جدول(۳) تغییرات مساحتی ماه‌ها در هر دو گروه نشان می‌دهد کـه در فصـل زمسـتان بیشـتر مسـاحت ناحیه درگیر بارش‌های حاصل از صدک ۹۵–۹۰ می‌باشد و ماه ژانویه بیشترین درصد خودهمبسـتگی منفـی در گـروه اول و الگــوی خودهمبســتگی متوســط و ضــعیف بیشــترین مســاحت را در گــروه دوم دارد. الگــوی خوشــه‌ای خودهمبستگی مثبت قوی در فصل زمستان در گروه اول بارش بیشتر از گروه دوم می‌باشد و تقریباً نیمـی از مسـاحت پهنه مورد بررسی در فصل زمستان از هیچ‌گونه الگوی خاصی پیروی نمی‌کند. همچنـین تغییـرات مسـاحت مـی‌توانـد گستره نفوذ سامانه‌های جوی متفاوت و همگرایی نقش این سامانه‌ها را با ویژگی‌هـای مکـانی ناحیـه خـزری (وجـود دریای خزر، رشته‌کوه‌های البرز و تفاوت‌های مکانی در بخش‌های مختلف ناحیه) در ایجاد این دو گروه بارشـی نشـان دهد. بررسی نقشه‌های حاصل از موران محلی نشان می‌دهد که بارش‌های آستانه صدک ۹۵–۹۰ در ناحیـه خـزری بـه

دلیل فراوانی وقوع بیشتر مساحت بسیاری که تحت تأثیر قرار می‌دهند به لحاظ تمرکز و ایجاد سـیل بـه‌عنوان یکـی از مخاطرات طبیعی در ناحیه خزری، بیشتر باید مورد توجه قرار گیرند. آگاهی از آرایش مکـانی ایـن خوشـه‌ها می‌توانـد راهنمای خوبی در برنامه‌ریزی محیطی و پیش‌بینی وقوع سیلاب در مکان‌هایی باشد که ایـن خوشـه‌ها (بـه‌ویژه خوشـه هایی با همبستگی مثبت) ایجاد می‌کنند.



شکل ۵- خودهمبستگی مکانی موران محلی، بارش شدید فصل زمستان ناحیه خزری (سمت چپ آستانه صدک ۹۵-۹۰، سمت راست آستانه صدک ۹۹-۹۵)

جدول ۳- درصد مساحت تحت پوشش الگوی خودهمبستگی فضایی مجموع فراوانی ماهانه رخداد بارش‌های شدید فصول سرد ناحیه خزری(رنگ قرمز صدک ۹۵-۹۰، رنگ مشکی صدک ۹۹-۹۵)

نوع الگو	ژانویه	فوریه	مارس	اکتبر	نوامبر	دسامبر
خودهمبستگی منفی قوی (۹۹٪)	۷/۱	۵/۱	٦/۷	۸/۱	۵/۲	٦
	۱/۲	۳/٤	۳/۹	۰	۰	۱/۳
خودهمبستگی منفی متوسط (۹۵٪)	۹/۸	۷/۳	۹/۷	۱۳/٦	۲۰/۵	۹/۲
	۱۰/۳	۸	۸/۵	۵/۸	۱۷	۱۰/۵

ادامه جدول ۳

نوع الگو	ژانویه	فوریه	مارس	اکتبر	نوامبر	دسامبر
خودهمبستگی منفی ضعیف (۹۰٪)	٦/٤	٥/١	٦/١	٧/٣	٩/٤	٥/٥
	٨	٧/٣	٦/٧	١٦/٢	١٢/٤	٨/٢
فاقد معنی آماری	٥٦/٣	٦٥/٧	٦٠/٣	٤٦/٢	٣٦/٧	٥٩/٩
	٦٢	٦٤/٧	٦٥/٣	٥٩/٩	٤٩/٧	٦١/٩
خودهمبستگی مثبت ضعیف (۹۰ ٪)	٠/٤	٠/٢	٠/٤	٠/٦	٠/٦	٠/٤
	١/١	٠/٨	٠	٠	٠/٥	٠/١
خودهمبستگی مثبت متوسط (۹۵ ٪)	٦/٤	٥/٢	٦/٧	١٠/١	١٤/٣	٨/٣
	٧/٤	٥/٦	٥/٣	٦/٥	٨/٥	٦/٧
خودهمبستگی مثبت قوی (۹۹٪)	١٧/٧	١٥	١٤/٦	٢٠/٨	٢٣/٣	١٦/٢
	١٤/٦	١٣/٧	٩,١٣	١٥/٤	١٨	١٥/٥

درنهایت به‌منظور تعیین روابط بین عوامل جغرافیایی (نظیر طول و عرض‌جغرافیایی، ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی) با فراوانی ماهانه رخداد بارش شدید از آماره چند متغیره موران عمومی استفاده گردید. نتایج این بررسی در جدول (٤) آمده است. بارش شدید در هر دو گروه بارش‌ها با طول جغرافیایی رابطه منفی که در برخی ماه‌ها معنی‌دار می‌باشد، با عرض‌جغرافیایی رابطه منفی (به جزء ماه دسامبر در گروه اول و ماه سپتامبر در گروه دوم)، با ارتفاع رابطه منفی معنی‌دار برای تمامی ماه‌ها (به جزء ماه ژانویه با رابطه مثبت) و در گروه دوم رابطه منفی (به جزء ماه سپتامبر رابطه مثبت) و معنی‌دار بودن این آماره برای تمام ماه‌ها، به جزء ماه سپتامبر و نوامبر که فقدان معنی‌داری آماری را نشان می‌دهد، با عامل شیب گروه اول بارش‌ها رابطه منفی معنی‌دار(به جزء ماه‌های ژانویه و اکتبر با عدم معنی‌داری) و برای گروه دوم بارش‌ها رابطه منفی معنی‌دار (به جزء ماه فوریه با رابطه مثبت و عدم معنی‌داری آماری و ماه سپتامبر و نوامبر با رابطه منفی و عدم رابطه معنی‌داری) و درنهایت با جهات جغرافیایی شیب در گروه اول و دوم روابط منفی و مثبت در کل ماه‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار نیست که می‌توان گفت جهات جغرافیایی شیب در بارش‌های شدید ناحیه خزری نقشی ندارد. درمجموع از عوامل جغرافیایی ذکر شده در بالا نقش طول و عرض-جغرافیایی و ارتفاع در هر دو گروه بارشی بارزتر می‌باشد. علی‌رغم معنی‌داری آماری روابط ارائه شده در جدول ٤ بررسی این روابط نشان می‌دهد که تأثیر عوامل جغرافیایی در فراوانی رخداد این بارش ضعیف‌تر از عملکرد و نفوذ سامانه‌های همدید است و عواملی همانند طول مسیر سامانه‌های همدید از روی دریا و جهت‌گیری این سامانه‌ها نسبت به رشته‌کوه‌های البرز، همچنین نقش ویژگی‌های فیزیکی دریای خزر و گسترش نصف‌النهاری و نوسانات حرارتی ایجاد شده آن در فصول مختلف، شارگرمای نهان در سطح دریا در تعامل با همدیگر روابط قوی را در رخداد بارش‌های شدید به وجود می‌آورند.

جدول ٤- روابط مکانی بارش شدید بالا با عوامل جغرافیایی در ناحیه خزری برای بازه ۱۹٦٦-۲۰۱٦ (اعداد داخل پرانتز آماره p (میزان خطای) رد کردن فرض صفر را نشان می‌دهد و رنگ مشکی عدد همبستگی مکانی گروه اول و رنگ قرمز گروه دوم بارشی را نشان می‌دهد.)

ماه / عوامل مکانی	ژانویه	فوریه	مارس	اکتبر	نوامبر	دسامبر
طول جغرافیایی	−۰/۳۳ (۰/۰۰۰)	−۰/۱۵ (۰/۰۰۰)	−۰/۱۹ (۰/۰۰۰)	−۰/۷۰ (۰)	−۰/٦۱ (۰)	−۰/۲۵ (۰/۰۰۰)
	−۰/٤٤ (۰/۰۰)	−۰/۱۹ (۰/۰۰)	−۰/۱٤ (۰/۰۰)	−۰/۷۲ (۰/۰۰)	−۰/۷۳ (۰/۰۰)	−۰/٤٥ (۰/۰۰)
عرض جغرافیایی	۰/۰٤ (۰/۰۰)	−۰/۱۲ (۰/۰۰)	−۰/۲۹ (۰/۰۰)	۰/۰۰٤ (۰/۷۰)	−۰/۲۳ (۰/۰۰)	۰/۳۱ (۰/۰۰)
	−۰/۰٤٦ (۰/۰۰)	۰/۰٦۰ (۰/۰۰)	−۰/۱۷ (۰/۰۰)	۰/۱۳ (۰/۰۰)	−۰/۰٤ (۰/۰۰)	−۰/۱۷ (۰/۰۰)
ارتفاع	۰/۰٤۷ (۰/۰۰)	−۰/۰٤۸ (۰/۰۰۱)	−۰/۱۰ (۰/۰۰)	۰/۰٤ (۰/۰۰۲)	−۰/۰۸ (۰/۰۰)	۰/۱٥ (۰/۰۰)
	−۰/۰۲۷ (۰/۰۰)	۰/۰٥۱ (۰/۰۰)	−۰/۰٥٦ (۰/۰۰)	−۰/۰۹ (۰/۰۰)	−۰/۰۰٥ (۰/٦٦)	−۰/۱۰ (۰/۰۰)
شیب	−۰/۰۰۱۹ (۰/۹٤)	−۰/۰٦۳ (۰/۰۰)	−۰/۰۸ (۰/۰۰)	−۰/۰۰۷ (۰/۷٥)	−۰/۰٦٥ (۰/۰۰)	−۰/۱۳ (۰/۰۰)
	−۰/۰۳ (۰/۰۰)	۰/۰۲ (۰/۰۷))	−۰/۰۳۲ (۰/۰۰۳)	۰/٤۳۰ (۰/۰۰)	−۰/۰۱٥ (۰/۱۹)	−۰/۰٦۳ (۰/۰۰)
جهات جغرافیایی شیب	−۰/۰۰٥ (۰/٦۷)	−۰/۰۰۹ (۰/٤٦)	−۰/۰۱۳ (۰/۲٦)	−۰/۰۰۳ (۰/۸۳)	−۰/۰۰۲ (۰/۸۹)	۰/۰۱۱ (۰/۳۳)
	−۰/۰۰۰٦ (۰/۹٥)	−۰/۰۰۱ (۰/۹۱)	۰/۰۰۹ (۰/٤۳)	۰/۰۰٤ (۰/۷٦)	−۰/۰۰۸ (۰/٤۹)	−۰/۰۰٦ (۰/٥۹)

٤-جمع‌بندی

یکی از روش‌های بهینه برای واکاوی داده‌های محیطی، واکاوی روابط مکانی می‌باشد. هـدف ایـن پـژوهش تبیین مکانی الگوی مجموع فراوانی ماهانه بـارش‌هـای شـدید آسـتانه‌هـای صـدک ۹۵-۹۰، ۹۹-۹۵ بـا کـاربرد نمایـه‌هـای خودهمبستگی فضایی موران کلی، موران محلی و نمایه *Gi می‌باشـد. بـرای ایـن منظـور از داده‌هـای میانیـابی شـده بارش‌های روزانه ایستگاه‌های ناحیه خزری طی دورۀ ۱۹٦٦-۲۰۱٦ (٥۱ سال) استفاده شد. نتایج نشـان داد کـه مقـدار نمایه موران کلی بیش از ۰/۹ برای گروه اول بارشی و ۰/۸ بـرای گـروه دوم بارشـی در سـطح ۰/۰۱ خطـا و الگـوی

حاکم بر رفتار آنها الگوی خوشه‌ای بالا است. الگوهای خودهمبستگی این عارضه تحت تـأثیر نقـش توأمـان موقعیـت جغرافیایی و ویژگی‌های محلی، ناهمواری‌ها با جهت شرق سو (البرز)، سازوکارهای صعود هـوا، دوری و نزدیکـی بـه دریا، نفوذ و آرایش سامانه‌های همدیدی و عبور این سامانه‌ها از روی دریا، اختلـاف دمـای سـطح آب و شـیو دمـایی ایجاد شده بین دریا و خشکی، منابع تأمین رطوبت نظیر دریای خزر، سیاه و مدیترانـه مـی‌باشـد. براسـاس نقشـه‌هـای موران محلی نواحی با خودهمبستگی‌های مثبت در هر دو گروه بارشی بیشتر در نواحی غربـی و مرکـزی و الگوهـای حاصل از خودهمبستگی منفی در بخش شرقی قرار دارد. همچنین تأثیر عوامل جغرافیایی با تأکید بـر آمـاره دو متغیـره موران در فراوانی بارش‌ها ضعیف‌تر از عملکرد و نفوذ سامانه‌های همدید است. درنهایت با توجه به اینکه بـارش‌هـای شدید ناحیه خزری باعث ایجاد یکی از مخاطرات طبیعی (سیل) خصوصاً در بخش‌هـای شـرقی مـی‌گـردد، شـناخت آرایش فضایی این پدیده می‌تواند در شناسایی مناطق پرمخاطره (سیل) مـؤثر بـوده و در برنامـه‌ریـزی‌هـای منطبـق بـر شرایط محیط، کاهش آسیب‌پذیری و افزایش سازگاری با این عارضه بسیار مفید باشد.

منابع

خوش‌اخلاق، فرامرز؛ فرید مجتهدی، نیما؛ نگاه، سمانه؛ مؤمن پور، فروغ؛ صبوری، شبنم؛ اسـعدی اسـکویی، ابـراهیم؛ ۱۳۹۳. پدیده برف دریاچه‌ای و نقش آن در رخداد برف‌های سنگین کرانه جنـوب غربـی دریـای خـزر ، فضـای جغرافیایی، شماره ۵۳، ۲۵۱-۲۲۹.

خوشحال دستجردی، جواد؛ ١٣٧٦. تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیک کلیماتولوژی برای بارش‌های بـیش از یـک صـد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر. رساله دکتری اقلیم‌شناسی: استاد راهنما: هوشنگ قائمی، دانشگاه تربیـت مدرس.

ستوده، فاطمه؛ علیجانی، بهلول؛ ١٣٩٤. رابطه‌ی پراکندگی فضایی بارش‌های سنگین و الگوهای فشار در گیلان. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی،شماره ۱، ۷۳-٦٣.

عساکره، حسین؛ ۱۳۸۷. کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، ٤٢-۲٥.

عساکره،حسین؛ خوش‌رفتار، رضا؛ ستوده، فاطمه؛ ۱۳۹۱. بارش‌هـای سـنگین روزانـه سـپتامبر در ارتبـاط بـا الگوهـای همدید در استان گیلان(۲۰۰۵-١٩٧٦). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۲، ٦٦-٥١.

عسگری، علی؛۱۳۹۰. تحلیل‌های آمـار فضـایی بـا ARCGIS، چـاپ اول، سـازمان فنـاوری اطلاعـات و ارتباطـات شهرداری تهران.

علیجانی، بهلول؛ ١٣٩٤. تحلیل فضایی، مجله مخاطرات محیطی، شماره۳، ۱-١٤.

فلاح قالهری، غلام عباس؛ اسدی، مهدی؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ ١٣٩٤. تحلیل فضایی پراکنش رطوبـت در ایـران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ٤، ٦٥٠-٦٣٧.

قدرتی، علیرضا؛ رحمتی، سمانه؛ ۱۳۹٤. تحلیل سینوپتیکی بارش‌های رگباری منجر به سیل در غرب گیلان، سومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب، ۲۱-۲۳ مهرماه ۱۳۹٤.

کارخانه، میثم؛ مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ ۱۳۹۵. شبیه‌سازی نقش دریای خزر بر وقوع بارش‌های منطقه‌ای در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۱۸، ۱٦۸-۱۵۳.

مرادی، حمیدرضا؛ ۱۳۸۰ بررسی سینوپتیک سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ نواحی مرکزی مازندران، مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵٦، ٤۱-۳۳.

مرادی، حمیدرضا؛ ۱۳۸۵. پیش‌بینی وقوع سیلاب‌ها بر اساس موقعیت‌های سینوپتیکی در ساحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۵، ۱۳۱-۱۰۹.

مظفری، غلامعلی؛ مزیدی، احمد؛ شفیعی، شهاب؛ ۱۳۹٦. واکاوی روابط فضایی بارش‌های فرین غرب ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ٤٦، ۱۸٤-۱٦۹.

مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ جانباز قبادی، غلامرضا؛ ۱۳۸٦. تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید و حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۳، ۱۳۱-۱۵٤.

مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ جانباز قبادی، غلامرضا؛ ۱۳۸۷. تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید زمستانه و مقایسه آن با الگوی بارش‌های شدید پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، اولین کنفرانس بین‌المللی تغییرات زیست‌محیطی منطقه خزری، ۳ تا ٤ شهریورماه ۱۳۸۷، دانشگاه مازندران، بابلسر.

میرموسوی، حسین؛ دوستکامیان، مهدی؛ ستوده، فاطمه؛ ۱۳۹٤. بررسی و تحلیل الگوی فضایی تغییرات درون دهه‌ای بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳، ۷٦-٦۷.

نظری‌پور، حمید؛ دوستکامیان، مهدی؛ علیزاده، سارا؛ ۱۳۹٤. بررسی الگوهای توزیع فضایی دما، بارش و رطوبت با استفاده از تحلیل اکتشافی زمین‌آمار(بررسی موردی: نواحی مرکزی ایران)، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۱، ۱۱۷-۹۹.

یوسفی، حسن؛ عزیزی، قاسم؛ ۱۳۸۳. زمانیابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر. فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ٤، ۱۹۳-۲۱۳.

Agena, I., Macdonald, N., & Morse, A.P. (2014). Variability of maximum and mean average temperature across Libya (1945–2009). *Theoretical and Applied Climatology, (Vol. 117), 549-563.*

Alexandersson, H, 1986. A Homogeneity Test Applied to precipitation data. Journal of Climatology, (Vole. 6), 661-675.

Allard, D., & Soubeyrand, S. (2012). Skew-normality for climatic data and dispersal models for plant epidemiology: when application fields drive spatial statistics. *Spatial Statistics, (Vol. 1), 50-64.*

Anselin, L. (1995).Local indicators of spatial association-LISA. *Geographical Analysis, (vol. 27), 93–115.*

Chang, H., Kwon, W. (2007). Spatial variations of summer precipitation trends in South Korea, 1973–2005, *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS2 (045012), 1-9.*

Clark, W.A.V., Hosking, P., L. (1986). Statistical Methods for geographers: *John Wiley and sons, New York, 379.*

Fu,W.J., Jiang,P.K, Zhou,G.M., & Zhao,K.L.(2014).Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China, Biogeoscinces,11(8), 2401-2409.

Hartmann, S., Baker. & King. L. (2008). Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation Time Series. *Theoretical and Applied Climatology, (Vol.92), 155-163*

IPCC. (2007). the physical science basis. Contribution of Working Group I to Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge, United Kingdom, & Cambridge University Press.

Jia, S., Zhu, W., Lű, A., & Yan, T. (2011). "A statistical spatial downscaling algorithm of TRMM precipitation based on NDVI and DEM in the Qaidam Basin of China". *Remote sensing of Environment. 115(12), 3069-3079.*

Mc Cabe, M.F., kalma, J.D., & Franks, S.W. (2005).Spatial and temporal patterns of land surface fluxes remotely sensed surface temperatures within an uncertainty modelling framework, *Hydrology and Earth system Sciences, 9(5), 467-480.*

Ord, J, K, & Getis, A. (1995). Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical analysis, (Vol. 27), 306-286.*

Robeson, S.M., Li., A. & Hunang, C. (2014). Point- pattern analysis on the sphere Statistics. *Spatial Statistics (Vol. 10), 76-86.*

Rousta, I., Doostkamian, M., Haghighi, E., Ghafarian, H., Yarahmadi, P. (2017). An Analysis of Spatial Autocorrelation Patterns of Heavy and Super-Heavy Rainfall in Iran. *Advances in atmospheric sciences, (VOL. 34), 1069–1081.*

Rousta, I., Nasserzadeh, M., Jalali, M., Ghaseme, A. (2017). Decadal Spatial-Temporal Variations in the Spatial Pattern of Anomalies of Extreme Precipitation Thresholds (Case Study: Northwest Iran). *Atmosphere 2017, (Vol.8), 1-15.*

Sugumaran, R., Larson, S. R. & DeGroote, J. P.(2009).Spatial-temporal cluster analysis of county-based human West Nile Virus incidence in the continental United States, *International journal of health geographice,8(1),8-43.*

Wang, Q., Ni, J., & Tenhunen, J. (2005).Application of a geographically weighted regression analysis to estimate net primary production of Chines forest ecosystems, *Global Ecology Biogeography, 14(4), 379-393.*